



Politiques d'entrée et de sortie du nucléaire

François Lévêque

► To cite this version:

| François Lévêque. Politiques d'entrée et de sortie du nucléaire. 2013. hal-00841398

HAL Id: hal-00841398

<https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00841398>

Preprint submitted on 4 Jul 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Interdisciplinary Institute for Innovation



Politiques d'entrée et de sortie du nucléaire

François Lévêque

Working Paper 13-ME-06

July 2013



CERNA, MINES ParisTech
60 boulevard Saint Michel
75006 Paris, France
Email: ferreira@mines-paristech.fr



Politiques d'entrée et de sortie du nucléaire

François Lévêque

Résumé

Les politiques nucléaires nationales divergent fortement. Certains pays ont décidé hier, ou décident aujourd'hui, de développer l'énergie atomique, tandis que d'autres décident de renoncer à cette technologie. Ce document de travail¹ s'interroge dans une première partie sur les motivations des pays qui ont choisi hier et choisissent aujourd'hui de développer cette technologie de production d'électricité. Elle montre qu'elles n'ont guère varié. La seconde partie porte sur la décision de sortie accélérée du nucléaire en Allemagne et sur le choix de fermeture anticipée de la centrale française de Fessenheim. Elle montre que les décisions politiques d'arrêt prématuré de réacteurs en bon état de marche, très coûteuses sur le plan économique, sont prises au doigt mouillé.

Les nations ont suivi et suivent des routes de l'atome foncièrement différentes. L'Allemagne, entrée tôt dans le nucléaire, cherche aujourd'hui à en sortir rapidement ; chez sa voisine l'Autriche, aucun réacteur n'a jamais produit d'électricité et l'énergie nucléaire est interdite par la Constitution. La France, de son côté, parie toujours sur le nucléaire, mais veut en diminuer progressivement l'importance, tandis que la Suisse et la Belgique souhaitent progressivement en sortir et le Royaume-Uni la relancer. L'ex-URSS, les Etats-Unis ou la Chine ont développé les usages civil et militaire de l'atome. Par contraste, le Japon et la Corée du Sud ont construit un large parc mais ne disposent pas de l'arme nucléaire. Inversement, Israël en dispose vraisemblablement, mais n'a bâti aucune centrale. Tandis que certains pays abandonnent l'énergie nucléaire, d'autres, à l'instar de la Turquie, du Vietnam, de l'Arabie Saoudite, y entrent avec des mélanges variés de motivations d'indépendance énergétique, de prestige national et de lutte contre le changement climatique.

Cette diversité rappelle que le choix de développer l'énergie nucléaire ou d'y mettre fin est une décision de l'Etat et de la nation. Les centres de recherche, les opérateurs électriques et les fournisseurs d'équipements de chaque pays cherchent naturellement à peser sur cette décision politique. Cependant, ils n'ont pas toutes les cartes en main pour l'emporter. Après l'accident de Fukushima-Daiichi, l'industrie allemande du nucléaire a dû s'incliner devant la décision d'Angela Merkel et de son parti de fermer rapidement les centrales nucléaires allemandes. Malgré les lourdes pertes qu'elle leur fait subir, les trois électriciens nationaux, Eon, EnBW, et RWE et le géant Siemens n'ont pu s'y opposer. Si les Etats peuvent aussi être soumis à des pressions internationales diplomatiques et commerciales pour entrer ou sortir du nucléaire, la décision leur appartient *in fine*. La république Tchèque a ainsi choisi au début des années 2010 d'ajouter deux nouvelles tranches à la centrale nucléaire de Temelin, et ce malgré les vives protestations de l'Autriche voisine.

¹ Ce document de travail est destiné à être publié comme chapitre d'un ouvrage sur l'économie du nucléaire. Remarques et critiques sont les bienvenues pour améliorer cette première version.

Pourquoi des Etats ont-ils choisi hier et choisissent-ils aujourd'hui de développer l'énergie nucléaire ? Pourquoi d'autres renoncent-ils à cette technologie ? Comment entrer et sortir du nucléaire ? Ces questions sont analysées dans les deux premières sections.

L'entrée dans le nucléaire

Une trentaine de pays au monde se sont équipés d'une ou de plusieurs centrales nucléaires. Une cinquantaine d'autres ont déclaré leur intérêt pour cette technologie et demandé l'assistance de l'Agence internationale de l'énergie nucléaire (AIEA) pour en explorer les possibilités de mise en œuvre. Pourquoi veulent-ils à leur tour entrer dans la production d'électricité nucléaire ? Sont-ils motivés par les mêmes raisons que ceux qui les ont précédés ?

Présentons d'abord les pays qui produisent aujourd'hui de l'électricité d'origine nucléaire. On en recense une dizaine, anciennes républiques socialistes (e.g., Arménie, Lituanie, Ukraine) ou pays satellites (e.g., Bulgarie, Hongrie, République Tchèque) de l'Union Soviétique. Leur choix de s'équiper a été avant tout celui de Moscou. Trois autres grands pays d'énergie nucléaire, les Etats-Unis, le Royaume-Uni et la France, peuvent être rangés aux côtés de l'URSS. Comme celle-ci, ils sont entrés tôt sur la scène nucléaire en combinant applications civile et militaire. L'Inde et la Chine sont entrées plus tard, mais réunissent aussi les deux faces de l'atome. A l'inverse, le Canada, le Japon, la Corée du Sud et l'Allemagne disposent également d'un grand parc de centrales nucléaires, mais ils ne se sont pas dotés de l'arme atomique². Viennent ensuite de nombreux pays disposant d'un petit nombre de réacteurs. Saviez-vous que le Mexique, l'Argentine, le Brésil, Taiwan, la Belgique, la Suisse, la Suède, l'Espagne, la Finlande, les Pays-Bas ou encore l'Afrique du Sud possède des centrales nucléaires ? Ajoutons à cette liste des petits pays d'énergie nucléaire, un groupe à part formé par le Pakistan, la Corée du Nord et l'Iran. Contrairement aux précédents, ils possèdent ou sont proches de détenir l'arme atomique. Ils sont soupçonnés de s'être servi du développement du nucléaire civil comme couverture. En comptant l'URSS pour un, vingt-deux pays sont donc aujourd'hui parvenus à développer une production d'énergie nucléaire.

La liste précédente montre l'absence d'un lien systématique entre la possession de l'arme nucléaire et l'équipement en centrales nucléaires : la grande majorité des pays équipés n'a pas développé d'armement nucléaire. Nous allons voir que la dimension militaire de l'atome est néanmoins essentielle pour comprendre le développement historique et l'adoption de cette technologie.

Des atomes pour la paix

L'énergie atomique est fille de la science et de la guerre. De la science à cause du rôle que les physiciens nucléaires ont joué dans les applications de l'atome ; de la guerre car, après les atrocités qui ont marqué l'Europe et le Japon, l'énergie atomique a porté les espoirs de paix.

Une lettre d'Albert Einstein à Franklin Delano Roosevelt en août 1939 témoigne de la contribution des scientifiques. Le physicien attire l'attention du Président des Etats-Unis sur la possibilité de fabriquer des bombes de puissance inégalée à partir de l'uranium. Il y laisse entendre que l'Allemagne, qui vient

² Le cas du Canada n'est pas aussi net dans la mesure où la politique du développement militaire de l'atome a varié dans le temps. Membre de l'OTAN, le Canada - comme l'Allemagne - a un temps hébergé des ogives nucléaires américaines sur son sol.

d'envahir la jeune Tchécoslovaquie, a déjà compris l'usage militaire qui pouvait être fait de la découverte récente de la réaction de fission. Ainsi est né le projet Manhattan, nom de code donné au programme de mise au point d'armes nucléaires mené par les Etats-Unis avec l'assistance du Canada et du Royaume-Uni pendant la seconde guerre mondiale. Dirigé par le physicien Robert Oppenheimer, il a réuni une pléiade de savants américains et européens émigrés. Il a permis aux Etats-Unis d'être le premier pays à disposer de bombes atomiques, les bombes lâchées sur Hiroshima et Nagasaki en 1945. Par ses retombées civiles, ce programme militaire a aussi permis aux Etats-Unis d'être le premier pays à connecter un réacteur nucléaire au réseau pour produire de l'électricité³.

La fin de la seconde guerre mondiale ouvre une période d'espoir collectif dans l'atome civil, qui nous paraît démesuré aujourd'hui. Il est à l'époque paré d'une double vertu : source d'une énergie abondante et bon marché, il assurera le développement économique des pays industrialisés et du tiers-monde ; son expansion grâce à la coopération scientifique des pays avancés ainsi qu'à un contrôle international sur les matières fissiles empêchera la nucléarisation militaire de la planète.

Un célèbre discours de Dwight D. Eisenhower, «Atoms for Peace», témoigne de cette croyance. Prononcé le 8 décembre 1953 devant l'Assemblée générale des Nations-Unies et reposant sur des idées et des propositions discutées depuis plusieurs années⁴, le discours du trente-quatrième président des Etats-Unis engage l'ONU à œuvrer dans deux directions : la réduction du potentiel destructeur du stock de matières fissiles qui commence à s'accumuler et l'expansion des applications civiles de l'atome. A cette date, les Etats-Unis ont perdu le monopole de l'arme nucléaire. Le Royaume-Uni et l'URSS sont entrés dans le jeu et la France s'y apprête. Les quantités d'uranium enrichi et de plutonium pouvant être utilisées à des fins destructrices dépassent déjà les dizaines de tonnes, alors que quelques kilogrammes suffisent pour fabriquer une seule bombe. Quant aux connaissances scientifiques et techniques indispensables à cette fabrication, Eisenhower prévoit qu'elles seront finalement acquises par de nombreux pays, et, ajoute-t-il, possiblement par tous. Cette perspective d'un armement nucléaire planétaire le conduit à engager son pays dans la recherche et l'instauration de remèdes à la course aux armements en train de débiter. La solution qu'il préconise consiste à détourner les efforts des pays des applications militaires vers les applications civiles de l'atome. On a peine à croire aujourd'hui à une telle orientation puisque c'est l'inverse qui s'est produit : certains Etats, à l'instar de l'Inde, ont détourné le développement de l'énergie nucléaire vers le développement de l'arme nucléaire. Il s'agit pourtant bel et bien de la proposition et du credo du discours des «Atomes pour la paix». Eisenhower propose de créer une sorte de banque internationale recevant d'un côté les matières fissiles pour les mettre à l'abri des finalités destructrices et les distribuant de l'autre pour servir les objectifs pacifiques de l'humanité, en particulier la fourniture abondante d'énergie. La lutte contre la prolifération et la promotion de l'énergie nucléaire sont ainsi étroitement liées.

Cette imbrication procède-t-elle d'un froid calcul ou d'une utopie ? L'intention d'Eisenhower est souvent perçue comme un marchandage de *realpolitik*. Les pays se détournant des usages militaires obtiennent en compensation le progrès économique qu'apportent les applications civiles de l'atome en médecine, agriculture et surtout énergie. La coopération scientifique et technique des pays avancés en matière nucléaire, les Etats-Unis et l'URSS au premier chef, accélérera le développement de ceux qui démarrent. En ne rejoignant pas les superpuissances dans la maîtrise de l'arme atomique, les pays

³ Le Royaume-Uni est aussi parfois présenté comme le premier pays ayant construit un réacteur nucléaire connecté au réseau.

⁴ Les travaux, rapports et réflexions qui ont précédé le discours d'Eisenhower sont par exemple détaillés par Marie-Hélène Labbé dans le chapitre 6 de son ouvrage, *Le nucléaire à la croisée des chemins*, La Documentation française, 1999.

accéderont plus vite aux bienfaits de l'atome. Tel est le contrat. L'utopie y est assurément présente. Eisenhower martèle que «Les Etats-Unis savent que la production pacifique d'électricité à partir de l'atome n'est pas un rêve futur. La faisabilité de la chose est déjà aujourd'hui prouvée. Qui peut douter que, si les scientifiques et les ingénieurs du monde entier ont accès à des quantités adéquates de matière fissile pour tester et développer leurs idées, cette capacité se transformera rapidement en un usage universel, efficient et économique ?». Cette vision idyllique est le pendant de la menace nucléaire, «chambre sombre des horreurs». Pour Eisenhower, par le jeu d'une symétrie naturelle, les bienfaits que l'atome peut apporter à l'humanité sont aussi grands que son pouvoir de destruction. D'où une description apocalyptique⁵ du mal nucléaire dans son discours. Elle fait d'autant mieux ressortir les promesses radieuses des applications pacifiques.

Realpolitik dans le contexte de la guerre froide enrobée de rhétorique ou bien croyance utopique sincère de la part du président américain, peu importe. En tout état de cause, le lien noué entre le combat contre la nucléarisation armée de la planète et la promotion de l'énergie nucléaire a produit des effets durables. La création de l'Agence internationale de l'énergie atomique qui a joué un rôle déterminant dans l'expansion de l'énergie nucléaire dans le monde est directement inspirée du discours d'Eisenhower. Elle doit s'efforcer «de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix» et est aussi chargée de limiter le développement des applications militaires en contrôlant les installations. Le traité de non prolifération signé onze ans plus tard (voir section 3) sera marqué du même sceau : contenir le développement des armes atomiques tout en favorisant celui de l'énergie nucléaire.

Il faudra attendre le premier essai atomique indien pour mettre à mal la doctrine d'*Atoms for Peace*. L'explosion souterraine en 1974 dans le désert du Thar est réalisée à partir de plutonium provenant d'un réacteur de recherches construit avec l'aide et la technologie canadiennes. Cet essai va renforcer la volonté du Pakistan voisin et ennemi de se doter de l'arme nucléaire. Il y parviendra en s'appuyant sur les solides compétences scientifiques et techniques dans l'atome civil qu'il a acquises grâce à la coopération internationale promue par Atomes pour la paix. Le Pakistan a en effet reçu à partir de la fin des années 1950 l'aide scientifique et technique de nombreux pays⁶, dont les Etats-Unis, le Canada, et le Royaume-Uni. L'appui de la Chine en matière de technologies militaires, voilé par un accord de coopération en matière de nucléaire civil fut également déterminant.

Ce bref rappel historique permet de comprendre pourquoi une même agence internationale, l'AIEA, contrôle les installations nucléaires et en assure la promotion, ou pourquoi un traité de non-prolifération favorise les échanges scientifiques et techniques en matière d'énergie nucléaire. Ce qui apparaît aujourd'hui antinomique ne l'était pas à la sortie de la seconde guerre mondiale, après le choc d'Hiroshima et de Nagasaki, puis en pleine guerre froide.

L'histoire des débuts de l'atome permet aussi de rappeler le caractère dual de la recherche et de la technologie nucléaires. Une bombe et une centrale atomique ne peuvent être conçues et réalisées sans lourds équipements de recherche et sans formation de centaines de physiciens, chimistes et

⁵ La référence faite ici à l'Apocalypse permet de souligner la dimension religieuse des propos tenus devant les Etats membres des Nations-Unies. Il faut sauver l'humanité et offrir la rédemption aux savants et ingénieurs ayant œuvré à la fabrication de la bombe. L'atome civil leur donne l'absolution et les lave du péché originel de l'arme nucléaire. L'exégèse la plus longue du discours des Atomes pour la paix a été faite par un obscur scientifique des études religieuses de l'Université de Colorado à Boulder, Ira Chernus, dans un ouvrage de 162 pages, *Eisenhower's atoms for peace*, Texas A&M University Press, 2002.

⁶ Entre 1955 et 1970, le Pakistan a signé treize accords bilatéraux en matière d'énergie atomique avec les pays cités ainsi que la France, la Belgique, le Danemark, la Russie, l'Espagne et la République Fédérale Allemande.

ingénieurs. Que la finalité soit militaire ou civile, les capacités et compétences sont en partie similaires. Les plus grands scientifiques, à l'instar de Frédéric Joliot Curie, ont alternativement ou parallèlement mis leur savoir et leur ingéniosité au service des deux. Les grands instituts atomiques comme la *United States Atomic Energy Commission* ont développé en leur sein applications civiles et militaires. Naturellement, les partisans d'*Atomes pour la paix* étaient conscients de ce caractère dual. Mais ils étaient convaincus que la poursuite de la finalité militaire pouvait être efficacement empêchée par des mesures de contrôle sur les matières fissiles et les installations.

La coopération internationale scientifique et technique développée et promue par Washington a hâté et accru l'adoption de l'énergie nucléaire par de nombreux pays. En 1960, les Etats-Unis ont déjà signé des accords de coopération en matière d'énergie nucléaire avec quarante-quatre pays, par ordre alphabétique de l'Algérie à la Yougoslavie. L'URSS de son côté n'est pas en reste, avec des accords bilatéraux avec dix-sept pays, essentiellement de son aire d'influence (e.g., Bulgarie, République Démocratique Allemande, Roumanie). En tout, la planète compte au début des années 1960 près de 200 réacteurs de recherche, dont la plupart sont importés, ou contiennent des pièces importées, soit des Etats-Unis, soit de l'Union soviétique.

Les pionniers et les suiveurs

Les pionniers en matière de développement de l'énergie nucléaire sont ceux qui ont démarré le plus tôt les travaux de recherches pour mettre au point l'arme atomique. Les premiers pays à maîtriser la production électronucléaire sont en effet les trois nations associées au programme Manhattan - Etats-Unis, Canada et Royaume-Uni - ainsi que l'URSS qui a réussi à fabriquer sa première bombe A dès 1949. La France ne rejoindra cette échappée qu'un peu plus tard, le temps de redémarrer ses capacités de recherches gelées pendant l'Occupation.

D'un point de vue technologique, les pays pionniers ont chacun suivi leur propre voie, mais tous ont cherché à exploiter les techniques de production de matières fissiles ou des réacteurs mises au point pour des buts militaires. Aux Etats-Unis, les usines d'enrichissement en uranium construites pour l'armement ont facilité l'adoption de réacteurs à eau légère pour la production électrique. L'expérience acquise dans ce type de réacteur pour la propulsion des sous-marins nucléaires a également joué. A l'inverse, les autres Etats ont opté initialement pour des technologies utilisant directement l'uranium naturel comme combustible. Ils y ont vu un moyen de s'affranchir du monopole de Washington sur l'enrichissement. Associée au graphite ou à l'eau lourde pour ralentir la vitesse de réaction des neutrons, la technologie à l'uranium naturel permet à la fois de satisfaire les besoins militaires en plutonium et de produire de l'énergie. Longtemps, d'ailleurs, l'électricité a été considérée plutôt comme un coproduit, voire un sous-produit de cette technologie. L'important, pour la France et le Royaume-Uni qui l'ont mise en œuvre était de concevoir un réacteur dont le combustible irradié permettait d'extraire une grande quantité de plutonium plutôt que d'obtenir un rendement élevé en kWh par tonne d'uranium consommée. Même le choix technologique du Canada – qui, pourtant, a renoncé très tôt à l'arme nucléaire - a été influencé par des facteurs militaires⁷. Les canadiens ont mis au point un réacteur à l'eau lourde, car ils disposaient pour ce ralentisseur de neutrons de l'expérience acquise pendant la seconde guerre mondiale. Dans le cadre du projet Manhattan, le Canada a en effet

⁷ Voir S. D. Thomas, *The realities of Nuclear Power, International economic and regulatory experience*, Cambridge University Press, 1998. Le chapitre 7 est consacré à une monographie du Canada.

réalisé un des tous premiers prototypes de réacteur à eau lourde et a produit cette molécule pour approvisionner les usines américaines d'armement.

L'entrée dans le nucléaire civil en prolongement de la recherche militaire n'est pas l'apanage des pays pionniers. La Chine, par exemple, a réalisé son premier essai nucléaire en 1961 et démarré la construction d'une première centrale atomique vingt-cinq ans plus tard. Il est intéressant d'observer que tous les Etats qui possèdent l'arme atomique ont également développé l'énergie atomique⁸. Pour ces pays, l'entrée dans l'atome civil est surdéterminée par le choix en faveur de l'armement nucléaire.

Le cas des pays dotés de l'arme atomique éclaire également les trois raisons générales de l'entrée dans l'énergie nucléaire : le souci de grandeur nationale, la recherche de l'indépendance énergétique et la poussée de la science et de la technologie. Elles y sont en effet exacerbées. Prenons le cas de la France. Charles De Gaulle crée en 1945 le Commissariat à l'Energie Atomique, pour développer les recherches et techniques en lien avec l'atome. Cette décision, comme beaucoup prises alors par lui, vise à restaurer la grandeur de la France. Dans son esprit, en effet, l'excellence scientifique et la prouesse technique constituent un des fondements du rayonnement français. «La France ne peut être la France sans la grandeur» écrit-il dans ses mémoires de guerre, et celle-ci exige de contribuer au progrès technique car «il n'y a pas d'Etat qui compte s'il n'apporte pas au monde quelque chose qui [y] concoure». A son retour au pouvoir en 1958, les investissements en équipements et en recherches du CEA ont commencé à porter leurs fruits. De Gaulle affiche clairement la volonté ferme de la France d'accéder au nom de l'indépendance nationale à la force de frappe nucléaire. Il s'agit de suivre une route dans l'escalade de la guerre froide qui soit distincte de celles empruntées par l'Union soviétique et les Etats-Unis. Il décide la construction de l'usine d'enrichissement de Pierrelatte qui permettra de construire par la suite un parc de réacteurs à eau légère. Le développement de l'énergie nucléaire est vu comme décisif pour assurer la croissance industrielle de la France. Il procurera de l'électricité à ses entreprises et contribuera à ses exportations d'équipements. En terme gaullien : «Etant le peuple français, il nous faut accéder au rang de grand Etat industriel ou nous résigner au déclin». Pallier la faiblesse de la nation sur le plan des ressources énergétiques est également une priorité. Les ressources nationales en pétrole et gaz sont peu abondantes et le charbon cher à extraire et de réserves limitées. Le choc pétrolier de 1973 accentue bien sûr le poids de l'indépendance énergétique parmi les raisons du développement de l'énergie nucléaire. Il a été l'élément déclencheur de l'accélération du programme français : l'essentiel du parc actuel, qui comporte près de soixante réacteurs a été lancé entre 1970 et 1985 pour des mises en service entre 1977 et 1992.

La poussée de la science et de la technique est le pendant de l'indépendance énergétique. Elle joue aussi un rôle-clef bien qu'il soit moins souvent évoqué parmi les facteurs conduisant les pays à adopter l'énergie nucléaire. D'un point de vue économique, l'innovation technologique est en effet une réponse à la fois à une demande et à une offre. Réduire l'exposition de la nation aux importations de pétrole, de gaz, ou de charbon est l'expression d'un impératif public et politique, plutôt que d'un besoin exprimé par les consommateurs. Mais cela ne change pas le côté concerné : celui de la demande. En face, il faut une offre. Pour les innovations, celle-ci provient de laboratoires de recherches et de centres d'études,

⁸ Israël est la seule exception. Ce pays est doté de l'arme nucléaire mais d'aucun réacteur connecté au réseau électrique. Ce choix singulier est sans doute lié à la politique de secret qui a entouré et continue d'entourer son armement nucléaire. Israël n'a pas signé le traité de non-prolifération et n'a jamais reconnu officiellement détenir de bombes atomiques. Par ailleurs, la petite taille de son réseau électrique et la cible d'attaques ennemies qu'offrirait une centrale ne rend sa construction guère pertinente. Le cas de la Corée du Nord n'est pas considéré ici car ce pays a bien la volonté de disposer de capacités de production électronucléaire et agit dans ce sens, même si pour l'instant ses efforts ne sont pas été couronnés de succès.

et non d'usines comme pour les biens ordinaires. Cette offre pour le nucléaire mobilise des ressources colossales en hommes et matériels. La recherche en physique atomique est l'archétype de la *Big Science* qui est apparue sur le devant de la scène après la seconde guerre mondiale : elle réclame de grands budgets, de grandes machines, de grands effectifs et de grands laboratoires. Pour la France, la Cour des comptes évalue les dépenses de la recherche civile électronucléaire réalisée par le CEA de 1957 à 1969 à un peu plus de dix milliards d'€₂₀₁₀, soit l'équivalent du coût de la construction des 14 premières tranches du parc d'EDF. Rapporté à l'ensemble de la période 1957-2010 et à la totalité des réacteurs, cet effort de recherche du Commissariat à l'Energie Atomique représente la moitié des dépenses réalisées par EDF pour bâtir son parc⁹. Cette proportion est considérable. Par ailleurs, la recherche nucléaire exige du personnel aux qualifications pointues et des équipements spécifiques et fabriqués en peu d'exemplaires. Elle n'est donc pas facilement redéployable vers d'autres activités d'innovation. Cet ensemble d'éléments concourt à faire des scientifiques, ingénieurs et techniciens du nucléaire une force poussant le développement de l'énergie nucléaire (et, inversement, freinant son abandon) indépendamment des évolutions de la demande. A ceci s'ajoutent l'importance des ressources en compétences d'ingénierie d'EDF et de son personnel exploitant, ainsi qu'évidemment l'importance des actifs industriels déployés par le chaudiériste Framatome et par l'électromécanicien CGE, plus tard Alstom, en charge de la mise au point de turbo-alternateurs géants pour les réacteurs de 1300 MW. Les militants antinucléaires ont parfaitement compris la poussée exercée par la science et la technique lorsqu'ils dénoncent les crédits alloués à la recherche atomique et cherchent à assécher les budgets d'organismes comme le CEA.

Le cas de la France est également intéressant car celle-ci peut être vue à la fois comme le dernier des pays pionniers du nucléaire civil et le premier des grands suiveurs. Comme les Etats-Unis, le Canada, l'URSS et le Royaume-Uni, elle s'est lancée tôt dans la recherche et a suivi comme ce dernier la voie originale de réacteurs fonctionnant au graphite et au gaz - le premier pour modérer la réaction et le second sous forme de CO₂ pour le refroidissement. Comme les pays suiveurs, la France a en revanche opté pour une technologie importée lors du passage à la réalisation industrielle à grande échelle. Son parc est en effet constitué de réacteurs à eau pressurisée dont les premiers exemplaires sont calqués sur le modèle américain de Westinghouse. La France a versé des redevances de licence à la firme américaine jusqu'en 1991. Cette date marque la francisation complète de la technologie.

⁹ Il faut toutefois noter qu'au cours de cette période une partie significative des recherches du CEA, et donc de ses dépenses, ont porté sur des techniques et des applications sans lien direct ou indirect avec les besoins du parc nucléaire.

L'abandon de la filière graphite-gaz par la France

Comment le souci gaullien de grandeur de la France et de résistance à l'hégémonie des Etats-Unis a-t-il pu conduire Paris à adopter une technologie nucléaire américaine ?

Il faut d'abord mentionner que la décision d'abandon de la filière graphite-gaz a été prise par Georges Pompidou, président qui a succédé au Général De Gaulle. Il est peu probable que ce dernier eût donné son aval¹⁰. Georges Pompidou, comme De Gaulle, voulait promouvoir l'industrie française et l'émergence de champions nationaux. Il était cependant d'esprit plus ouvert à l'égard des entreprises privées et plus préoccupé de l'insertion de l'industrie française dans la compétition internationale. Que le fabricant de chaudières nucléaires Framatome soit alors une entreprise sans contrôle public n'était pas un à ses yeux un obstacle dirimant. Par ailleurs, à la fin des années 1960, la technologie des réacteurs à eau est considérée comme LA technologie d'avenir pour la conquête des marchés étrangers. En 1969, Siemens et Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft gagnent une première commande des Pays-Bas pour la construction d'un réacteur à eau pressurisée. Les rédacteurs d'un plan d'action nucléaire du CEA et d'EDF noteront peu après que «Ce n'est pas sans une certaine tristesse que l'on voit [des entreprises germaniques] placer une centrale en Hollande, alors que l'industrie nucléaire a démarré en Allemagne beaucoup plus tard qu'en France»¹¹.

Il convient ensuite de se rappeler que la collaboration avec Westinghouse est ancienne. La fierté et l'amour-propre nationaux pour le nucléaire ont fait oublier que le fabricant national de chaudières Framatome a été créé en 1959 sous ce nom pour désigner en raccourci la « Franco-américaine de constructions atomiques ». Westinghouse fait partie de ses premiers actionnaires, avec 15 % du capital, aux côtés de Schneider, Merlin Gérin et du groupe Empain¹². Avant d'être choisi pour Fessenheim, point de départ du grand programme nucléaire français, Framatome a équipé la centrale franco-belge de Chooz et la centrale de Tihange en Belgique. Avant son retrait définitif en 1981, la participation de la firme américaine dans le capital est même montée jusqu'à 45 %. Et Framatome a cependant continué à verser des redevances de licence à Westinghouse pendant une dizaine d'années encore.

Enfin, la technologie graphite-gaz a été perçue comme plus coûteuse que sa rivale à eau légère. De nombreuses études ont été réalisées pour les départager, en particulier par EDF - plus soucieux que le CEA de parvenir à un kWh bon marché. Le choix de la technologie à retenir a été très disputé entre ces deux organisations. L'une y voyait le moyen de valoriser ses compétences et ses recherches anciennes, l'autre de contester la place prise par la première dans l'application civile et le développement industriel du nucléaire. Toutes deux ont bien sûr rivalisé pour convaincre les décideurs politiques successifs de choisir la filière les avantageant. La préférence d'EDF l'a finalement emporté¹³.

¹⁰ Selon Robert Schuman « si De Gaulle était resté président, le programme graphite-gaz aurait été poursuivi ». Cité par Gabrielle Hecht, *Le rayonnement de la France*, collection Textes à l'appui, éditions La Découverte, 2004, p. 261.

¹¹ Cité par G. Hecht p. 269.

¹² Voir Christian Bataille et Robert Galley, *Rapport sur l'aval du cycle nucléaire*, Tome II : Les coûts de production de l'électricité, chapitre 1, section II. C, Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

¹³ Voir Gabrielle Hecht, chapitre 7 « La guerre des filières ».

Le développement à partir de transferts de technologie et de savoir-faire des pays pionniers menant à une indépendance technologique croissante a été suivi par de nombreux pays. L'Allemagne a construit ses premiers réacteurs industriels avec des licences de Westinghouse et de General Electric, mais son industrie d'équipement est aussi, comme pour la France, devenue progressivement autonome. Idem pour le Japon et pour l'Inde. Autre cas, la Chine, qui a construit sur son sol et sous licence à peu près tous les types de réacteurs mis au point dans le monde. Elle a sinisé la technologie française, ou plutôt franco-américaine, développée dans ses premières centrales à Daya Bay. Il est à parier qu'elle s'appropriera et transformera pareillement les technologies de troisième génération qu'elle a importées par ses commandes d'EPR auprès d'AREVA et d'AP 1000 auprès de Westinghouse. La Corée du Sud a aussi suivi le chemin de l'indépendance, puisqu'elle dispose de son propre modèle à eau pressurisée après avoir construit ses premiers réacteurs sous licences française, américaine et canadienne. A l'instar de la France, de l'Allemagne et du Japon, d'importatrice de technologie la Corée du Sud est devenue exportatrice d'équipements nucléaires. Le conglomérat Doosan a fourni les chaudières des réacteurs AP1000 construits en Chine et l'électricien national KEPKO a emporté l'appel d'offres des Emirats Arabes Unis pour la fourniture de quatre réacteurs. La Chine prend la même voie. Elle a signalé à plusieurs reprises sa volonté de participer à la compétition internationale dans le domaine nucléaire civil.

Pour les plus petits suiveurs comme la Suisse, le Brésil, l'Afrique du Sud ou Taiwan, l'entrée dans le nucléaire n'a pas été précédée par des investissements massifs dans la recherche, ni suivie par la création d'une industrie nucléaire nationale. Néanmoins, ces pays ont constitué de solides équipes de physiciens et créé des laboratoires de haut niveau ; ils ont aussi veillé au contenu local associé à leurs commandes de réacteurs étrangers, afin de favoriser leurs entreprises et de créer des emplois. Sur le plan des motivations, hormis le Pakistan, l'Iran ou la Corée du Nord animés par des objectifs militaires et géopolitiques, les petits entrants partagent les mêmes aspirations : moindre dépendance énergétique et plus grand prestige, en particulier scientifique et technologique.

Les prétendants

Les pays qui aspirent aujourd'hui à prendre pied dans l'énergie nucléaire ressemblent beaucoup aux petits suiveurs. Leur entrée accentuera le mouvement déjà engagé avec l'Argentine ou l'Afrique du Sud d'un déplacement de l'énergie atomique vers les pays hors OCDE ; leurs motivations combinent indépendance énergétique et souci de grandeur - et, pour quelques uns, une volonté militaire masquée - ils n'envisagent pas que le nucléaire représente une grande part de leur mix énergétique, ni en corollaire de développer à terme une technologie nationale - ils achètent d'ailleurs souvent des centrales clefs en main. Finalement, la seule rupture par rapport au passé est l'apparition d'une motivation nouvelle : la recherche de moyens de production d'électricité n'émettant pas de CO₂.

Pour détailler ces caractéristiques, examinons qui sont les prétendants. L'Agence Internationale de l'Energie Atomique en recense une cinquantaine. Elle tire sa liste des marques d'intérêt pour les conseils qu'elle offre aux nouveaux venus.

Sachez d'abord que la plupart des prétendants sont des pays pour lesquels les chances d'entrée sont nulles à l'horizon des vingt prochaines années. La liste de l'Agence comprend par exemple la République d'Haïti, la Jamaïque, le Bahreïn, le Bangladesh, la Tanzanie ou le Soudan. L'acquisition d'une centrale nucléaire du fait de l'offre existante exige en effet à la fois des budgets élevés et un

réseau électrique puissant. Si, à la suite de J. Goldemberg¹⁴, on élimine les pays dont le produit national brut est inférieur à 50 milliards de dollars et dont la capacité du réseau ne dépasse pas 10 GW, la liste des prétendants ne contient plus que quinze membres : Algérie, Arabie-Saoudite, Biélorussie, Chili, Egypte, Grèce, Indonésie, Kazakhstan, Kenya, Malaisie, Philippines, Pologne, Thaïlande, Turquie et Venezuela¹⁵.

La nouveauté par rapport aux petits suiveurs réside dans la forte proportion de pays riches en pétrole ou en gaz.¹⁶ L'entrée des Emirats Arabes Unis symbolise ce phénomène. A la suite d'un appel d'offres clos en 2009 et remporté par un consortium sud-coréen, quatre réacteurs ont été commandés et les premiers chantiers ont démarré. Les Etats pétroliers mettent en avant la croissance rapide de leurs besoins, en particulier pour couvrir la demande d'électricité des unités de désalinisation de l'eau de mer. Cependant, ces besoins peuvent parfaitement être satisfaits par du gaz, dont beaucoup disposent. L'argument de l'indépendance énergétique sonne creux. En fait, le nucléaire est vu par ces candidats comme un moyen de faire face à très long terme à une réduction de leurs réserves d'hydrocarbures. De plus, il leur est souvent difficile d'aligner le prix intérieur du gaz et du pétrole sur les prix internationaux. Les exemples iranien et nigérian montrent que les tentatives de réduction des subventions peuvent soulever les populations. La production électronucléaire est alors un moyen de préserver des recettes à l'exportation. Enfin, les candidats au nucléaire riches en pétrole ou en gaz avancent l'argument du changement climatique. Cette motivation affichée est également paradoxale. Elle doit être comprise comme le signe de la volonté d'améliorer l'image et la réputation du pays auprès d'autres nations plutôt que le reflet d'un engagement fort dans la lutte contre le réchauffement climatique.

De façon générale, la raison du changement climatique de la part des prétendants douteux ou sérieux peut laisser perplexe. Certains pays, à l'instar du Chili ou de la Turquie, sont loin d'avoir exploité leurs ressources hydrauliques ; d'autres comme le Kenya ont un riche potentiel de biomasse ; et, surtout, tous à de rares exceptions ne se distinguent pas par des engagements en faveur de la réduction des gaz à effets de serre contraignante et systématique, c'est-à-dire s'appliquant à d'autres secteurs que la production électrique. La Pologne déroge à cette règle. Membre de l'Union Européenne, elle participe à sa politique de changement climatique et est tenue par ses objectifs de réduction des émissions de carbone. Or, aujourd'hui, 92,% de l'électricité polonaise est produite à partir de charbon. L'importation massive de gaz de Russie n'est pas souhaitée comme moyen de diversification, car la Pologne ne veut pas dépendre de son grand voisin. En 2005, cette conjonction d'éléments a conduit le pays à retenir l'énergie nucléaire¹⁷. Un appel d'offres pour la construction de deux premières centrales devait être lancé en 2012. Il a été retardé car, entre ces deux dates, le sol polonais s'est révélé potentiellement riche en gaz de schistes dont l'exploration est devenue la priorité.

Notons que, pour la Pologne comme pour les autres prétendants, le nucléaire apporte une indépendance énergétique moindre que l'utilisation de ressources locales, qu'il s'agisse

¹⁴ José Goldemberg, Nuclear energy in developing countries, in Daedalus, Fall 2009, pp 71-80.

¹⁵ Dans cette liste restreinte, les pays de l'OCDE sont encore significativement présents. C'est en partie un trompe-l'œil. Ils ne sont plus très nombreux aujourd'hui à vouloir se développer sur l'énergie nucléaire ; leur forte proportion est liée au coupet utilisé pour éliminer des prétendants douteux. Grèce, Turquie, Chili et Pologne seuls membres de l'OCDE dans la liste des cinquante, se retrouvent tous sans exception dans la liste courte. La demande d'entrée exprimée, à défaut d'être potentielle et solvable à l'horizon des vingt prochaines années, vient très largement de nations en développement.

¹⁶ Jusque là, seuls le Mexique et l'Iran ont pris pied dans l'énergie nucléaire.

¹⁷ La Pologne n'est pas un pur nouveau venu dans l'énergie nucléaire. Dans les années 1980, le chantier de construction de quatre réacteurs russes avait démarré à Zarnowiec. Ce projet a été abandonné en 1991.

d'hydrocarbures ou d'énergies renouvelables. Les pays doivent dorénavant importer leur combustible. Par le passé, certains suiveurs ont pu se doter de capacités d'enrichissement d'uranium. C'est le cas de l'Allemagne, des Pays-Bas, du Japon, du Brésil, de la Chine, de l'Inde et du Pakistan. Leur production électronucléaire ne dépend plus que de l'importation d'uranium naturel. Cette contrainte est modérée, car les réserves minières sont relativement bien réparties, notamment entre des pays développés comme l'Australie et le Canada et des pays de régime politique moins stable comme le Kazakhstan. Aujourd'hui, pour les pays désireux de s'équiper de centrales nucléaires, la voie de l'intégration sur l'enrichissement est barrée, ou presque. Les capacités installées dans le monde dépassent déjà de très loin les besoins et un équipement nouveau à l'échelle d'un seul pays n'est rentable qu'à partir d'une vingtaine de réacteurs. Construire dans ce cas une unité d'enrichissement signale plutôt une volonté d'acquérir l'arme nucléaire, ou en tout cas sera interprété comme telle par la communauté internationale et risquera d'entraîner des pressions, puis des sanctions.

Terminons ce panorama des prétendants par la Turquie, le pays le plus avancé après les Emirats Arabes Unis, pour entrer dans le club des nations nucléarisées. Le chantier de construction de la première centrale à Akkuyu, dans le sud du pays, doit démarrer en 2014. Ce serait l'aboutissement d'un processus initié depuis le début des années 1970. La volonté de la Turquie d'entrer dans le nucléaire est en effet ancienne. De nombreux plans de développement successifs n'ont finalement pas vu le jour. De multiples appels d'offres sont restés en suspens ou ont été déclarés nuls. La forte croissance économique du pays depuis le début des années 2000 donc de sa solvabilité et de ses besoins en électricité, a mis fin à ces tentatives infructueuses. L'accès à l'énergie nucléaire témoigne aussi d'une volonté politique de renouer avec un passé glorieux, volonté qui se manifeste aussi sur le plan des relations internationales avec l'affirmation d'un rôle régional croissant. Le nucléaire participe à rehausser le prestige de la Turquie et l'aide à se démarquer de l'image d'un pays arriéré. Sur le plan de l'indépendance énergétique, la motivation est plus floue. D'un côté, le nucléaire permettra de réduire les importations de gaz de Russie qui contribuent aujourd'hui à 30 % de la production électrique, mais d'un autre les premières centrales de la flotte turque vont être financées, construites, possédées et exploitées par Atomstroyexport, filiale du géant nucléaire russe Rosatom¹⁸.

La sortie du nucléaire

Pendant que plusieurs dizaines de pays frappent à la porte du nucléaire, d'autres cherchent à en sortir, comme l'Allemagne ou la Suisse. D'où vient ce renoncement de nations qui ont fait dans le passé le pari du nucléaire ? Comment le comprendre tandis que d'autres, à l'instar du Royaume-Uni, réaffirment au contraire leur volonté de renouveler leur parc ? Même la France semble hésiter sur la politique à suivre : à quelques années d'écart elle lance la construction d'un nouveau réacteur, puis décide de réduire la place du nucléaire dans son mix énergétique.

Pour les pays déjà équipés, renoncer au nucléaire c'est d'abord exclure la construction de nouvelles centrales. Ce tournant a été pris par un petit nombre de pays : l'Allemagne et la Suisse, déjà cités,

¹⁸ C'est la première fois dans le domaine nucléaire qu'un contrat de ce type est signé. Il va bien au-delà de la vente de centrales clef en main, puisque l'investisseur étranger porte aussi le risque de l'actionnaire et le risque d'exploitation. Les ventes futures d'électricité, dont le prix est convenu à l'avance, sont ses seules recettes. Une telle transaction équipement contre achat de kWh montre que la compétition entre vendeurs est devenue très intense et que les conditions de marché sont très favorables aux acheteurs. Une situation qui, toutes choses égales par ailleurs, incite les prétendants à franchir le pas.

auxquels s'ajoutent la Belgique, l'Espagne et la Suède¹⁹. La question qui se pose alors est celle du sort des centrales existantes : faut-il les fermer le plus tôt possible ou attendre leur mort naturelle, quand l'autorité de sûreté ou l'électricien estimeront que les conditions d'exploitation ne sont plus réunies ? Bref, fermeture accélérée ou fermeture progressive ? L'Allemagne s'est prononcée pour les deux à quelques mois d'intervalle. Elle est donc un cas d'étude exemplaire. La France aussi, en raison de son choix de réduire la voilure. Nous analyserons ici les deux en détail, d'autant que certains ressorts politiques sont similaires.

Sortie accélérée ou progressive, l'hésitation allemande

Le basculement de l'Allemagne dans la sortie du nucléaire date du milieu des années 1980. L'accident de Tchernobyl sape la confiance d'une partie de la population. La dernière centrale allemande, en voie d'achèvement cette année-là, sera arrêtée au bout de trois ans de fonctionnement. Son autorisation, contestée par les écologistes du Land de Rhénanie-Palatinat a été annulée par les juges. Le parti social-démocrate (SPD), auparavant défenseur de l'énergie nucléaire change de camp et adopte dorénavant la position des verts, *Die Grünen*. Ces derniers s'installent durablement au Bundestag et dans l'exécutif de certains Länder. Les écologistes réalistes l'ont emporté sur les fondamentalistes : la lutte contre l'Etat au cœur du mouvement des années 1970 est passée au second plan, derrière la mobilisation contre l'énergie nucléaire et la défense de l'environnement. *Die Grünen*, formidable machine électorale, supérieurement organisée, va devenir le plus puissant parti vert au monde.

A la fin des années 1990, après seize ans de pouvoir fédéral dominé par le parti chrétien-démocrate (CDU), le SPD emporte les élections et forme une coalition pour gouverner avec les Verts. Il ne s'agit plus de promettre la sortie du nucléaire, mais de la réaliser. Nombreux sont les obstacles, en particulier juridiques, car les contrats de licence avec les opérateurs sont de durée illimitée et une expropriation n'est pas envisageable. C'est sous la forme d'un accord négocié avec les électriciens que l'arrêt des centrales est alors programmé²⁰. La convention sera entérinée en 2002 par un amendement à la loi atomique. Il prévoit un quota de production résiduelle par centrale, qui, une fois consommé, entraîne l'arrêt définitif de l'exploitation. Le dernier réacteur nucléaire devrait s'éteindre aux alentours de 2022. En contrepartie, les exploitants obtiennent plusieurs engagements du nouveau pouvoir exécutif. Ce dernier promet de ne pas introduire de nouvelles taxes et de ne pas prendre de mesures empêchant l'exploitation ou le transport de déchets pour des raisons non justifiées sur le plan technique.

L'opposition chrétienne démocrate dénonce la sortie ainsi programmée du nucléaire. Elle promet de rallonger la durée de fonctionnement des réacteurs dès son retour au pouvoir afin de modérer les hausses du prix de l'électricité et de laisser un temps raisonnable à la mise en œuvre d'un nouveau plan énergétique fondé sur les énergies renouvelables. La droite allemande considère le nucléaire comme une technologie de transition nécessaire avant que le déploiement des éoliennes, des panneaux solaires, des unités de biogaz, des mesures d'efficacité énergétique et des lignes à haute tension ait été suffisamment massif. Il ne s'agit pas de promouvoir la construction de nouveaux réacteurs, seulement de différer la fermeture de ceux qui existent. Les partisans allemands du nucléaire ne se font en effet guère d'illusion sur une renaissance possible de l'atome dans leur pays. En cas de nouveaux chantiers, les oppositions locales et régionales à cause du poids des Verts seraient

¹⁹ Le Parlement suédois a mis fin à la possibilité de construire de nouveaux réacteurs en 1980, mais est revenu sur cette interdiction trente ans plus tard.

²⁰ La convention est négociée en 2000 avec les quatre exploitants nucléaires : Eon, RWE, Vattenfall et EnBW.

impossibles à surmonter. L'opinion allemande est par ailleurs majoritairement défavorable à un retour de cette énergie.

Revenu à la tête du gouvernement en 2009²¹, le parti chrétien démocrate, allié aux libéraux, s'emploie à mettre en œuvre son programme de transition nucléaire. Il se traduira par un amendement à la loi atomique en décembre 2010, soit trois mois avant l'accident de Fukushima Daiichi. Il s'inscrit dans un plan d'ensemble, *Energykonzept*, qui prévoit, de diviser par deux, à l'horizon 2050, la production nationale d'électricité et de tripler la production d'électricité renouvelable. La sortie définitive du nucléaire est programmée pour 2036 avec la fermeture de Neckarwestheim 2, dernière centrale en activité. La sortie est reportée par le même mécanisme que celui qu'avaient mis au point par le SPD et les *Grünen* : l'octroi aux opérateurs d'un quota de production résiduelle, sauf que cette fois il est plus élevé d'environ 1800 TWh.

Les électriciens allemands saluent la nouvelle loi, mais sans enthousiasme, car elle est assortie de nouveaux prélèvements sur leurs bénéfices et ils jugent insuffisante la durée de rallongement. Ils devront payer chaque année une taxe spéciale sur l'uranium et le plutonium consommés d'un peu plus de deux milliards d'euros. Ils devront également abonder un fonds spécial dédié à la transition énergétique à hauteur de quelques centaines de millions d'euros chaque année. L'ardoise est salée - de l'ordre de 30 milliards d'euros au total - mais somme toute logique. Le prolongement de la durée de vie d'une centrale gonfle le bénéfice des opérateurs lorsque l'investissement initial est déjà en grande partie ou totalement amorti. Il s'accompagne de dépenses supplémentaires pour maintenir le niveau de sûreté et de fiabilité, mais celles-ci restent en général très en deçà des recettes que procureront les années supplémentaires d'exploitation. En comptant 500 millions d'euros de travaux par réacteur, un coût variable de 12 €/MWh, et en supposant que le coût de construction de la flotte a été déjà amorti, J. H. Keppler estime le coût total pour produire la quantité résiduelle autorisée à environ 30 milliards d'euros (soit de l'ordre de 17 €/MWh). Ce montant total est à comparer aux recettes qui pourraient s'élever à 90 milliards en supposant un prix de marché moyen sur la période de 50 €/MWh. La taxe de 30 milliards qui s'ajoute aux dépenses du même montant prélève dans ce calcul la moitié du gain apporté par l'autorisation de rallongement de la durée de vie des réacteurs. Le manque d'enthousiasme des électriciens se comprend d'autant mieux que la durée de vie initiale des centrales, celle utilisée dans les tableaux d'amortissement de leurs comptes, est de quarante ans. Le nouveau calendrier de sortie du nucléaire correspond à une durée moyenne de quarante-quatre ans, soit quatre années supplémentaires seulement. Bien sûr, en adoptant pour point de référence l'accord de 2002 qui conduisait à fermer les centrales à l'âge moyen de trente-deux ans, la situation leur est plus favorable. Elle le reste même si on tient compte des taxes spéciales : zéro en principe pour l'accord de 2002 et 30 milliards pour la nouvelle loi.

La catastrophe de Fukushima Daiichi renverse la donne. Elle déclenche l'annulation de la prolongation qui venait juste d'être adoptée au Bundestag et le retour au calendrier de sortie du plan de la coalition rouge-vert négocié dix ans plus tôt. Les événements se sont déroulés très vite. Trois jours après le tsunami, un moratoire sur l'extension de la durée de vie des réacteurs est décrété, le lendemain un arrêt immédiat pour trois mois des sept centrales les plus vieilles est décidé et le redémarrage d'une huitième (Krümmel) est suspendu. Une semaine après Fukushima, la chancelière Angela Merkel instaure une commission d'éthique « sur l'offre sûre d'une énergie » qui est chargée de réévaluer le risque nucléaire. La commission recommande en mai de sortir du nucléaire en une décennie. En août,

²¹ La CDU est de retour au gouvernement dès 2005, mais dans le cadre de la grande coalition avec le SPD et la CSU qu'elle dirige, Angela Merkel ne peut pas revenir sur l'accord de 2000 entre le gouvernement fédéral et les producteurs d'électricité.

un nouvel amendement à la loi atomique est adopté. Il rétablit le calendrier de fermeture du plan de 2002 pour les neuf centrales encore en fonctionnement et rend définitif le moratoire des huit autres centrales. Pour les électriciens, la potion est amère. Le retour à la case départ n'a pas entraîné la suppression de la taxe spéciale sur le combustible. Ils en contestent le maintien devant les tribunaux et attaquent l'Etat fédéral sur plusieurs autres fronts judiciaires. En tout, ils lui réclament plusieurs dizaines de milliards de compensation.

Pourquoi le choix de l'Allemagne s'est-il porté vers la sortie accélérée ? A l'étranger, ce choix a soulevé l'incrédulité par sa rapidité. La prise de décision est réputée lente dans ce pays épris de consensus. De plus, la chancelière Angela Merkel n'est pas connue pour changer d'avis facilement. La rapidité de la décision est liée au calendrier politique. L'accident japonais s'est produit en période de campagne électorale : trois élections régionales étaient programmées dans la seconde moitié de mars 2011. Pour la CDU, l'enjeu était d'éviter de perdre le Bade-Wurtemberg qu'elle gouvernait depuis soixante-six ans. La déclaration d'un moratoire quelques jours à peine après l'accident japonais pouvait laisser espérer contenir la montée du vote vert. Cela a sans doute fonctionné, mais pas suffisamment puisqu'une courte majorité de voix pour les *Grünen* et le SPD a permis d'installer un président vert à la tête du Land. La CDU a perdu 5 % des voix et les *Grünen* en ont gagné 12 % par rapport aux élections précédentes. Ces fluctuations auraient vraisemblablement été plus prononcées encore sans le moratoire. En mai 2011, nouvelle élection, à Brême cette fois, au cours de laquelle la majorité rouge-vert est reconduite mais, événement sans précédent, le parti vert arrive deuxième en obtenant plus de voix que la CDU.

L'étonnement des observateurs étrangers est aussi suscité par le coût de la sortie accélérée. Sur le plan économique, il n'y a aucun avantage, au contraire, à opter pour une sortie rapide plutôt que progressive. Les Allemands, qui n'aiment pas les dépenses inutiles, l'ont pourtant fait ! La fermeture anticipée de réacteurs nucléaires en état de marche et sûrs entraîne une perte sèche pour la société, car les kWh qui ne seront plus fournis doivent être remplacés par des kWh qui coûtent plus cher à produire²². Le prix de l'électricité augmente pour les consommateurs et cette augmentation est suivie d'effets macroéconomiques défavorables. J. H. Keppler, déjà cité, a évalué le surcoût lié au remplacement par des sources alternatives des 20,5 GW de capacités nucléaires fermées à 45 milliards d'euros, soit une augmentation de 25 €/MWh. Ce chiffrage vise à mesurer précisément la différence de coût entre les scénarios de sortie avant et après Fukushima Daiichi. Avant, la production des 1800 TWh aurait coûté 30 milliards d'euros, comme nous l'avons indiqué plus haut. Après, l'auteur estime qu'elle aurait coûté environ 75 milliards d'euros²³. D'autres estimations microéconomiques du coût de l'accélération de la fermeture des réacteurs ont été réalisées, qui conduisent au même ordre de grandeur : des dizaines de milliards d'euros²⁴.

²² Ou à ne pas consommer en tenant compte des dépenses pour améliorer l'efficacité énergétique ou des dépenses occasionnées par les coupures du réseau.

²³ Cette dernière somme correspond aux dépenses pour construire les capacités de remplacement et leur coût d'exploitation. L'auteur a toutefois tenu compte du fait qu'une partie des 20,5 GW retirés prématurément n'était pas à remplacer, car, depuis 2000 et par anticipation de la sortie du nucléaire, des investissements en capacités nouvelles de production électrique à partir de charbon et dans une moindre mesure de gaz avaient déjà été engagés. Il ne faut donc pas considérer qu'il s'agit de dépenses nouvelles.

²⁴ Une étude commandée par le ministère fédéral de l'Economie auprès d'instituts de recherches chiffre le coût de la fermeture accélérée à 48 milliards d'euros (Energiezenarien 2011, Projekt 12/10, disponible sur http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/11_08_12_Energieszenarien_2011.pdf) ; une autre, réalisée par l'Institut de l'utilisation rationnelle de l'énergie de l'Université de Stuttgart avance un chiffre de 42 milliards d'euros.

La perte d'argent associée au choix de la sortie accélérée rappelle que la décision prise par l'Allemagne repose sur des considérations non économiques. La recommandation d'accélérer la sortie émane de la commission d'éthique mentionnée plus haut. Cette commission, présidée par Klaus Töpfer, ancien ministre de l'Environnement, est parvenue en quelques mois à un consensus : l'abandon le plus tôt possible du nucléaire. Son rapport rappelle les principes de responsabilité à l'égard des générations futures et de la nature et comment le nucléaire, «pollution pour l'éternité», s'y oppose. Il considère que Fukushima Daiichi a bouleversé les schémas de pensée établis sur le risque d'accident. En premier lieu, dès lors qu'un accident majeur s'est produit dans un pays techniquement avancé comme le Japon, la conviction selon laquelle l'Allemagne est à l'abri n'est plus de mise. En second lieu, inimaginable, la catastrophe nucléaire japonaise montre l'insuffisance de l'analyse de risque fondée sur des calculs de probabilités. Enfin, la commission souligne que les dommages ne peuvent pas être évalués, même grossièrement, avant les accidents et même après. Plusieurs semaines après la fusion de cœur des réacteurs de Fukushima Daiichi l'étendue finale de la pollution et ses effets restent incertains. Tous les dangers sont loin d'être maîtrisés. Le scénario du pire n'est même pas cernable. Les dangers du nucléaire ne peuvent donc pas être comparés ni relativisés par rapport à d'autres sources d'énergie. Or il existe des moyens de production alternatifs, les énergies renouvelables, sans danger pour l'homme et l'environnement. Il convient donc d'y recourir aussi vite que possible en remplacement du nucléaire, soit, selon les auteurs du rapport, une décennie. Voilà en résumé la démonstration de la commission d'éthique. Notons que son diagnostic à chaud sur la catastrophe japonaise se révélera faux. Fukushima Daiichi n'est pas un accident imprévisible, un cygne noir dans le jargon des spécialistes du risque ; par ailleurs, c'est une défaillance institutionnelle, la capture des autorités de régulation par l'industrie, qui est la cause de l'accident, soit un phénomène qui n'est pas lié à l'avance ou au retard technologique.

Mais pourquoi une transition sur une décennie ? Pourquoi pas plutôt cinq ou quinze ans, par exemple ? Le rapport ne l'explique pas. Il suggère seulement qu'un temps plus court, quoiqu'idéalement souhaitable, mettrait en danger la compétitivité de l'Allemagne. Aucun argument n'est avancé pour dire que dix ans suffisent à éviter ce risque. Vraisemblablement, l'horizon décennal vient du plan de sortie précédent qui prévoyait d'arrêter la dernière centrale en 2022. La même borne est reprise sans plus de calculs ou de réflexion. Légèreté ou volontarisme, cette limite est aujourd'hui inscrite dans la loi et l'Allemagne doit réaliser à marche forcée la transformation de son système énergétique, *l'Energiewende*.

Le recul historique manque encore pour prendre l'exacte mesure des conséquences de l'accélération de la transition. Outre la perte sèche évaluée plus haut et les possibles compensations que l'Etat fédéral - donc les contribuables - devra verser aux compagnies électriques, l'accélération de la sortie entraînera vraisemblablement aussi des effets négatifs sur l'emploi, l'inflation et la croissance économique. Ces effets sont difficiles à évaluer car seuls les effets immédiats sont aujourd'hui observables, comme par exemple la réduction des effectifs des producteurs électronucléaires, l'augmentation du prix de l'électricité pour les ménages et la croissance des investissements dans l'énergie hors nucléaire. Ils sont délicats à démêler de ceux de la crise qui entraîne une réduction de la demande d'énergie et de ceux de la transition vers les énergies renouvelables déjà largement entamée avant la décision de sortie rapide du nucléaire. De plus, les effets des chocs de prix et des bulles d'investissements doivent être replacés dans le temps long qui peut en inverser les signes ; un gain immédiat en emplois se traduisant par exemple par une perte d'emplois sur la longue durée. On ne peut pas apprécier l'ampleur du coût macroéconomique de l'accélération, mais il ne fait aucun doute qu'il sera négatif. On ne voit en effet aucun bénéfice tangible d'une telle marche forcée. Du côté de l'emploi, on assistera à une destruction plus rapide de ceux de la filière nucléaire, avec des possibilités

de reconversion moindre qu'avec un calendrier de sortie progressive car la formation réclame du temps. Pour la filière énergie renouvelable un appel d'air aura lieu avec une demande tout à coup plus forte, mais l'inertie liée à la formation joue aussi et devrait empêcher d'en tirer parti. Côté infrastructure, les énormes besoins d'investissements dans les réseaux électriques représentent la difficulté majeure de la mise en œuvre de l'*Energiewende*. Des milliers de kilomètres de nouvelles lignes à haute tension doivent traverser l'Allemagne. Il s'agit de relier les capacités éoliennes du Nord aux besoins de consommation du Sud, où sont aussi installés les deux tiers du parc nucléaire. Là encore, l'inertie est forte. Les projets d'infrastructures de transmission électrique mettent des années à se concrétiser à cause des fortes oppositions locales qu'ils rencontrent. La sortie progressive butait déjà sur ce problème, le choix d'aller plus vite ne fait que le rendre plus critique.

Le seul espoir de bénéfice repose sur l'idée d'un sursaut collectif. L'accélération de la sortie du nucléaire, en accentuant le défi que pose la transformation énergétique, souderait et mobiliserait plus encore la population allemande ; l'effort collectif plus intense et plus productif se traduirait par une compétitivité plus grande de l'Allemagne dans l'ensemble des industries et des métiers des énergies du futur. Ce scénario est esquissé dans le rapport de la Commission d'éthique. C'est en effet le seul qui permettrait de réconcilier l'intérêt économique avec le choix en faveur d'une sortie accélérée du nucléaire. Un tel espoir est cependant mince, sinon vain. D'un point de vue économique, accélérer une substitution oblige à faire plus appel aux technologies déjà disponibles, y compris en les important, et moins à investir dans la R&D pour prendre de l'avance sur la compétitivité de demain. Depuis 2011, l'accélération de la sortie allemande du nucléaire semble profiter surtout au charbon et au lignite, qui bénéficient par ailleurs de prix déprimés tant sur les marchés d'importation que sur le marché européen des permis d'émissions de CO₂.

En conclusion, l'étude du cas allemand permet d'avancer un schéma explicatif de sortie du nucléaire et de son accélération. Deux conditions de base sont nécessaires : un parti politique qui place l'abandon de cette technologie au cœur de son programme, une intervention publique qui fonde son action en matière de risque sur les probabilités perçues, et non sur celles calculées par les experts²⁵. Placer ensuite les électeurs sur une droite finie avec à l'une de ses extrémités l'individu le plus opposé au nucléaire, partisan de l'arrêt de tous les réacteurs tout de suite, et à l'autre bout le plus farouche partisan du nucléaire qui souhaiterait la construction de dizaines de nouveaux réacteurs. De ces deux extrémités jusqu'à l'électeur du milieu - celui qui laisse autant d'électeurs à sa droite qu'à sa gauche - les préférences vont en se modérant. Pour être élu, le candidat doit connaître la préférence de cet électeur médian pour s'adresser à lui et emporter son vote. En effet, s'il gagne son adhésion, il emporte la moitié des votes plus un et obtient donc la majorité. Bien sûr, le jeu électoral est en réalité beaucoup plus compliqué car les électeurs se prononcent sur un grand nombre de sujets différents tels que le pouvoir d'achat, l'emploi, l'école. De plus, il y a des alliances entre partis spécialisés sur différents segments de l'électorat. Mais ce modèle simple de la théorie économique du marché politique suffit ici pour comprendre. Dès lors que le nucléaire est l'un des thèmes clefs et que l'opinion a évolué, par exemple à la suite d'un accident nucléaire, la préférence de l'électeur médian est moins favorable à l'égard de cette technologie. Si le candidat ne modifie pas son programme sur ce point, il perdra des voix et risque d'être défait à l'élection. Il doit choisir entre sa conviction, qui le porterait par exemple vers une non-sortie du nucléaire, ou une sortie progressive, si tels sont les résultats de l'expertise et du calcul économique et son intérêt de gagner l'élection en suivant l'évolution des perceptions de l'électorat. Inversement, en cas de reflux de l'opinion anti-nucléaire, un candidat vert devra choisir entre son combat contre cette énergie en restant fidèle à ses militants et le risque de perdre des voix.

²⁵ Voir François Lévêque, « Le risque d'accident nucléaire majeur : calcul et perception des probabilités », Document de travail, Institut Pluridisciplinaire de l'innovation, 13-ME-02, 27 février 2013.

La France, fermeture prématurée d'une centrale et réduction de la voilure nucléaire

Contrairement à l'Allemagne, la France n'a pas décidé de sortir du nucléaire. Elle a opté pour la fermeture anticipée d'une centrale, celle de Fessenheim en Alsace, et s'est engagée à réduire la part de cette technologie dans son futur mix énergétique. Derrière ces décisions, on retrouve les mêmes éléments explicatifs que ceux observés en l'Allemagne : un parti dont le combat contre le nucléaire est constitutif, un danger nucléaire perçu plus grand après la catastrophe japonaise, une compétition électorale et un jeu d'alliances qui tiennent compte de la perception des risques plutôt que de leur évaluation par les experts. Comme en Allemagne nous verrons que les choix d'objectif et de calendrier de fermeture se font en France aussi au doigt mouillé, sans grande considération d'ordre économique.

La centrale de Fessenheim, proche de l'Allemagne et de la Suisse est contestée depuis son origine. Ses deux réacteurs ont été raccordés au réseau en avril et octobre 1977. En raison de sa localisation, elle doit faire l'objet de mesures de sûreté particulières. Le risque de séisme, quoique modéré, y est plus élevé qu'ailleurs à cause de la proximité d'une faille du fossé rhénan. La centrale doit être aussi en mesure de faire face à une inondation en cas de rupture de digue du Grand Canal d'Alsace. Enfin, elle est située au-dessus d'une immense nappe phréatique dont la contamination serait catastrophique. L'ASN a donné en juillet 2011 un avis favorable à la poursuite de l'exploitation pendant dix ans du réacteur 1. Il est assorti de prescriptions de travaux estimés à plusieurs dizaines de millions d'euros, le plus important étant le renforcement de la dalle de béton pour limiter le risque de pollution de l'aquifère. Le second réacteur, qui est similaire, a également obtenu un avis favorable assorti d'obligations analogues d'amélioration de la sûreté. Bref, le régulateur juge, sous condition de réalisation des travaux qu'il a prescrits et, comme la loi l'exige, que les risques sont limités de «manière suffisante».

Le Président de la République française pense-t-il le contraire ? Le 14 septembre 2012, lors d'une conférence environnementale, il annonce que la centrale alsacienne sera fermée en 2016²⁶. La raison invoquée : son âge - elle est la plus vieille de France -, et sa localisation - zone sismique et possibilité d'inondation²⁷-. A première vue, rien à redire : le pouvoir politique issu des urnes contrôle le régulateur indépendant dans l'exercice de sa mission. Il reprend la main s'il juge que l'objectif de sûreté n'est pas atteint, car l'autorité de sûreté l'a mal interprété ou n'a pas choisi d'imposer les bonnes mesures pour l'atteindre. Il n'est pas choquant que le pouvoir politique exerce son pouvoir régalien en matière de sécurité sur le territoire national et fixe un niveau de sûreté plus sévère pour tenir compte par exemple d'éléments nouveaux.

Sauf qu'ici cette explication n'est pas la bonne. En premier lieu, l'âge, même si cela semble contre-intuitif, est un critère peu pertinent pour classer les réacteurs selon leur dangerosité. Si l'on réfléchit, ce n'est finalement pas étonnant. Des facteurs opposés contrecarrent le double effet d'usure et d'obsolescence technologique sur la sûreté des vieux réacteurs. Qui dit réacteurs anciens, dit en effet vigilance accrue des exploitants et des autorités de sûreté. Les inspections sont plus nombreuses et approfondies. En France, par exemple, la visite des trente ans pour un éventuel allongement de la

²⁶ «La centrale de Fessenheim, qui est la plus ancienne de notre parc, sera fermée à la fin de l'année 2016». Discours du Président de la République à l'occasion de la Conférence environnementale.

²⁷ Lors d'un débat télévisé opposant François Hollande, candidat à la présidence de la République française, au président en exercice également candidat, Nicolas Sarkozy, indique «On me dit pourquoi [la fermeture] de Fessenheim ? [je réponds] c'est la plus vieille de France. Elle se trouve en plus sur une zone sismique, à côté du canal d'Alsace. Tout autour les mobilisations sont très fortes pour sa fermeture». Compte-Rendu intégral du débat, Le Monde, 3 mai 2012.

durée d'exploitation se traduit par une révision complète. De plus, et en conséquence, plus le réacteur est âgé, plus il a un grand nombre de pièces et d'équipements neufs. C'est le cas, par exemple, des nouveaux générateurs de vapeur qu'EDF installe sur les réacteurs les plus anciens. Enfin et surtout, le régime de sûreté imposé par l'autorité de sûreté n'est pas à deux vitesses, des exigences faibles pour les plus vieux réacteurs et des exigences fortes pour les réacteurs les plus récents. Tous les réacteurs, jeunes ou vieux sont soumis aux mêmes règles et niveaux de sûreté pour les opérations de maintenance et d'exploitation. Il n'est pas juste d'affirmer de façon catégorique que les tranches les plus âgées offrent une sûreté moindre (voir encadré).

L'âge, un mauvais critère pour classer les réacteurs selon leur dangerosité

«Fermer d'abord les centrales âgées, car les plus dangereuses» est un slogan qui semble frappé au coin du bon sens. Plus un réacteur est vieux, plus ses pièces sont usées ; plus ses pièces sont usées, plus elles sont fragiles ; plus elles sont fragiles, plus le réacteur est vulnérable. CQFD. Par ailleurs, les réacteurs les plus anciens ont été construits il y a plus longtemps, et donc à une époque où les exigences de sûreté étaient moindres qu'aujourd'hui et les technologies de sécurité plus rudimentaires. Les faits n'étaient pourtant pas ce raisonnement intuitif.

Une méthode simple à la portée de tout étudiant consiste à chercher s'il existe une relation entre l'âge des réacteurs et le nombre de fois où ils sont mis à l'arrêt forcé à cause de défaillances humaines ou matérielles de sûreté. L'interruption des réacteurs pour des raisons fortuites, c'est-à-dire autres que celles liées aux opérations planifiées de maintenance, de chargement de combustible ou d'inspection, est un indicateur de performance de sûreté classiquement utilisé. Il est recensé par l'Agence internationale de l'énergie atomique dans sa base de données publique et accessible sur Internet. Nous l'avons utilisée pour les 143 réacteurs du parc européen afin de disposer d'un plus grand nombre d'observations que pour le seul parc français²⁸. Que donne cette méthode ? En moyenne, les réacteurs connaissent plus de problèmes techniques mesurés par les arrêts fortuits entre leur trentième et quarantième année que dans leur vie antérieure – 16 % de plu, pour être précis. Mais attention, si l'on compare cette fois les années de la trentaine avec les cinq premières années de vie, l'écart devient favorable aux réacteurs les plus anciens. On observe plus de problèmes techniques lors des premières années de fonctionnement. Cette donnée peut paraître surprenante, elle reflète en fait les difficultés ordinaires rencontrées par les réacteurs au cours de leur mise en route et leurs premières années d'exploitation. Attention aussi au raisonnement fondé sur la moyenne. Les réacteurs anciens sont peu nombreux. Seules en Europe les centrales d'Oldbury 1 et 2 au Pays de Galles ont plus de quarante ans. Du coup, la moyenne de l'indicateur de sûreté est calculée sur de trop petits nombres et la preuve statistique s'étirole. Avec cet exercice, on ne peut pas savoir si la courbe de la sûreté selon l'âge est plate après les cinq premières années, ou si la grande longévité se traduit par une baisse progressive de sûreté. L'hypothèse d'une progression de la sûreté avec l'âge ne peut même pas être statistiquement rejetée. N'importe quel conseiller auprès de candidats ou d'élus politiques aurait pu réaliser cet exercice et recommander d'éviter de conclure hâtivement sur l'effet de l'âge sur la sûreté.

Une méthode plus compliquée et nécessitant des données publiques mais longues à obtenir consiste à chercher des corrélations entre l'âge des réacteurs, leurs caractéristiques de fonctionnement et le

²⁸ Voir M. Berthélémy et F. Lévêque Don't close nuclear power plants merely because they are old! Energypolicyblog, 31 mars 2011,.

nombre d'incidents mineurs déclarés par EDF à l'autorité de sûreté (i.e., de rang 0 et 1 sur l'échelle INES, voir partie 2). Ce nombre oscille autour d'une dizaine par réacteur et par an. Les résultats sont ici plus conclusifs. Première observation : les incidents se déroulent le plus souvent quand le réacteur est à l'arrêt. La raison est double : il est alors plus facile d'observer des défaillances, car une plus grande partie du réacteur est accessible aux inspecteurs ; les travaux sont surtout réalisés à l'arrêt du réacteur, or les travaux sont synonymes de manipulations et les manipulations par les hommes et les machines augmentent les risques. Si l'on veut analyser le nombre d'incidents mineurs de deux tranches nucléaires, il faut donc éviter de comparer une tranche qui a connu de nombreux jours d'arrêt en raison du rechargement de combustible ou d'une visite décennale avec une tranche qui a produit sans discontinuer. En corrigeant ce biais, on trouve que les centrales les plus âgées connaissent un nombre d'incidents un peu plus faible que les centrales plus jeunes. Ce résultat n'est pas surprenant pour ceux qui connaissent bien le parc d'EDF. Ce dernier est en effet constitué de modèles de réacteurs différents, appelés des paliers. Or les réacteurs des premiers paliers se caractérisent en moyenne par un nombre plus faible d'incidents que ceux du dernier palier.

Pour isoler l'âge de l'effet modèle de réacteurs, il faut comparer les incidents des réacteurs d'un même palier, selon qu'ils ont été construits en premier ou en dernier. Le traitement statistique montre alors que les tranches les plus anciennes d'un même palier connaissent moins d'incidents. Ce résultat peut être interprété comme la manifestation d'un effet d'apprentissage. La tête de série présente sans doute plus de défauts liés à la maîtrise et à la conduite du chantier que l'exemplaire suivant, et il connaît un démarrage d'exploitation plus chaotique ; de même le second par rapport au troisième, etc. La construction en deux exemplaires seulement du palier dit N4 explique en partie pourquoi ce palier, alors qu'il est le plus récent et donc le plus avancé sur le plan technologique, enregistre un nombre d'incidents de sûreté supérieur à la moyenne. S'il fallait tenir compte uniquement de la date de construction pour mettre un réacteur au rebut, il faudrait songer à arrêter Civaux et Chooz, les deux plus jeunes centrales de France ! Cette boutade résume le manque de sérieux du critère âge dans le classement des réacteurs, pour décider l'ordre dans lequel les fermer et réduire la part du nucléaire dans la production nationale d'électricité.

Il n'est donc pas juste d'affirmer de façon catégorique que les tranches les plus âgées offrent un degré moindre de sûreté.

En second lieu, la décision du Président ne s'appuie sur aucune synthèse ou nouvelle étude réalisée par son cabinet, par le gouvernement, par l'administration ou en encore par un groupe d'experts *ad hoc*. Aucune information technique sur les risques des réacteurs n'a éclairé le choix de François Hollande. Ce dernier n'était pas mieux informé lorsqu'il était candidat et que la décision de fermeture de Fessenheim faisait partie de ses engagements. De fait, cette fermeture est le résultat d'un pur compromis politique. Le parti socialiste français est allié de longue date au mouvement des Verts, dont l'opposition à l'atome est historique. Six mois avant les élections présidentielles de 2012, un accord entre les deux partis a été signé. Il comprend la fermeture immédiate de la centrale alsacienne et la réduction à l'horizon 2025 de la part du nucléaire à 50 % de la production d'électricité. Concomitamment, un accord électoral en prévision des élections législatives est trouvé. Il offre au parti vert une soixantaine de circonscriptions sans candidat investi par le parti socialiste afin de faciliter la victoire locale de leur allié. L'accord programmatique ouvre également la voix à un soutien du représentant des verts au premier tour de l'élection présidentielle au candidat socialiste qui sera présent au second tour. Lors de la campagne présidentielle, quelques mois plus tard, François Hollande reprend l'objectif de 50 % en 2025 à son compte. Mais il ne s'engage fermement que sur la

fermeture d'une seule centrale au cours de son quinquennat : Fessenheim. Son annonce lors de la conférence environnementale de septembre 2012 ne fait donc que confirmer une décision déjà prise.

Les raisons d'équilibre politique et électoral priment. L'accord des Verts et du parti socialiste est un compromis entre tenants d'une sortie de la France du nucléaire et partisans de son maintien. A priori, c'était impossible. En fait, il a suffi d'un adjectif pour aboutir à une signature commune : c'est la trouvaille de la " sortie du *tout* nucléaire". Le parc électronucléaire français fournit aujourd'hui la quasi-totalité de la consommation de base et semi-base, soit les trois quarts de la consommation nationale d'électricité. De tous les grands pays ayant développé l'énergie nucléaire, la France est le seul où l'atome domine à ce point. Traduite en chiffres, la sortie du tout nucléaire devient une réduction à la moitié de sa part dans la production électrique. Passer de 75% à 50 % en 2025 : cet objectif ne correspond qu'à des chiffres ronds faciles à retenir et à communiquer. Ils ne reflètent aucun critère technique, pas même une limite d'âge qui imposerait l'arrêt de tous les réacteurs atteignant l'âge de trente ou quarante ans. L'horizon de 2025 répond en écho aux 25 % qui séparent trois quarts de la moitié²⁹.

Sur le plan de l'équilibre électoral, le candidat aux primaires socialistes, puis à la présidence de la République semble avoir fait le bon choix. Reprenons le schéma de l'électeur médian expliquant que, pour être élu, le candidat doit deviner la préférence de l'électeur médian. Contre son principal adversaire des primaires, Martine Aubry, François Hollande a refusé de se prononcer en faveur de la sortie complète du nucléaire même à très long terme. Ce positionnement lui a sans doute fait perdre moins de voix de sympathisants verts que de sympathisants socialistes, ces derniers étant beaucoup plus modérés sur la place du nucléaire. Ensuite, lors de la campagne présidentielle contre Nicolas Sarkozy, favorable au "presque tout" nucléaire et l'attaquant sur la fermeture de Fessenheim, le futur président de la République était aussi également vraisemblablement plus proche des préférences de l'électeur médian.

Bref, s'il y a eu des calculs, à l'origine de la fermeture de Fessenheim, ils ont porté sur des prévisions de votes, non de risques.

Les calculs n'ont pas plus porté sur les prévisions de coûts. Le chiffrage économique de la fermeture de la centrale alsacienne n'a commencé à être discuté qu'une fois la décision réaffirmée³⁰. Les évaluations conduisent à un montant dont l'ordre de grandeur est du milliard d'euros. Selon la presse, ce sont deux milliards qui partent en fumée. Pour l'électricien, l'arrêt anticipé est une destruction d'actifs qui est d'autant plus pénalisant que des grands composants, comme les générateurs de vapeur, ont été remplacés au milieu des années 2000. De plus, comme nous l'avons déjà mentionné l'Autorité de sûreté a conditionné au début des années 2010 son autorisation de dix années d'exploitation supplémentaire à la réalisation de travaux complémentaires de plusieurs dizaines de millions d'euros.

²⁹ L'absence de considérations autres que politiques et publicitaires dans le choix du -25 points en 2025 se manifeste aussi dans la possibilité de conséquences fâcheuses du slogan pour les opposants au nucléaire. La conjonction d'une croissance annuelle de la consommation nationale soutenue, d'échanges extérieurs constants, d'un taux d'utilisation de capacité médiocre, de la fermeture des réacteurs avant quarante ans d'âge conduit à rendre nécessaire la construction de plusieurs nouveaux EPR pour atteindre l'objectif des 50 % Voir par exemple : 50 % d'électricité nucléaire implique la construction d'au moins 13 EPR. <http://rebellyon.info/50-d-electricite-nucleaire-en-2025.html>

³⁰ Dans une déclaration postérieure de quelques jours au discours du Président de la République à la conférence environnementale, le ministre de l'Economie et des finances déclare ainsi à la radio : «On est déjà en train de mettre sur la table des chiffres que je ne connais pas pour une décision qui a été annoncée par le Président de la République avant-hier». Le Nouvel Observateur, arrêt de Fessenheim : le paiement de lourdes indemnités en question, 16 septembre 2012.

Tous ces investissements auront été réalisés en pure perte et EDF pourrait demander une compensation. Le fait que l'entreprise soit publique ne change pas forcément la donne. Les actionnaires minoritaires privés ne se laisseront vraisemblablement léser. De plus, des électriciens suisses et allemands, qui ont participé au financement de la centrale du Haut-Rhin possèdent des droits de tirage sur près du tiers de la production des deux réacteurs. Ils réclameront vraisemblablement aussi des indemnités. Du point de vue de l'intérêt général, la fermeture anticipée de Fessenheim n'est pas la meilleure opération. Elle entraîne une perte microéconomique dont le montant dépend, comme nous l'avons vu plus haut à propos des centrales allemandes, de toute une série d'hypothèses : hypothèses sur le prix futur de l'électricité, hypothèses sur le coût des moyens de remplacement, hypothèses sur la dépense en investissements nouveaux de jouvence, hypothèse sur la date normale de fin de vie des réacteurs, etc. On peut estimer ainsi un coût de la fermeture de Fessenheim en 2016 plutôt que 2021 comme l'autorise l'Autorité de sûreté à environ un milliard d'euros, et il faut en ajouter deux autres si l'autorité avait ensuite prolongé la vie du réacteur de dix ans.

Entendons-nous bien. Le problème n'est pas que les décideurs politiques puissent faire le choix de fermer des centrales nucléaires, ni même que cette décision soit motivée par de pures motivations électorales et d'alliances politiques. C'est le lot de la démocratie. Le point critiquable est que les discussions n'ont été à aucun moment sérieusement inform³¹ées, documentées, réfléchies sur le plan technique et économique. Les décisions de fermetures anticipées de réacteurs pourtant déclarés aptes par les autorités de sûreté sont ainsi prises dans l'ignorance de leurs conséquences autres que sur les déplacements d'électeurs et des équilibres entre et au sein des partis. La prise en considération de ces éléments n'aurait peut-être pas finalement changé la décision, mais au moins le choix politique aurait été fait en connaissance de cause.

Il est donc nécessaire de découpler la question de l'abandon de l'énergie nucléaire de celle de la fin de vie du parc installé. D'un côté, la décision de ne plus construire de nouveaux réacteurs atomiques, de l'autre celle de fermer plus ou moins rapidement des réacteurs existants. La décision de maintenir l'énergie nucléaire dans un mix énergétique national est un grand pari : la compétitivité future du nucléaire est incertaine³², de même que la fréquence et l'étendue des accidents³³ et les performances de la régulation de sûreté³⁴. La décision de prolonger la vie des réacteurs existants dès lors que l'autorité de sûreté a donné un avis favorable n'est pas du tout du même type. Les coûts du nucléaire existant sont beaucoup mieux cernés et chaque centrale est connue sous toutes les coutures. Lorsque le choix politique bascule pour une fermeture accélérée plutôt que progressive, il ne tranche pas un pari incertain, il opte pour une destruction massive de capital qui va à l'encontre de l'intérêt général.

Au terme de ce panorama concluons sur deux régularités observées. En premier lieu, les motivations d'entrée dans l'énergie nucléaire d'hier et d'aujourd'hui restent similaires : souci de grandeur, recherche d'indépendance énergétique, poussée de la science et de la technologie. La seule nouveauté est que s'y greffe parfois aujourd'hui une volonté de lutte contre le changement climatique. En second lieu, les décisions d'accélérer la réduction de voilure ou la sortie du nucléaire se font au doigt mouillé,

³² Voir François Lévêque, «Les coûts du nucléaire : repères et incertitudes », Document de travail, Institut Pluridisciplinaire de l'innovation, 13-ME-01, janvier 2013.

³³ Voir François Lévêque, « Le risque d'accident nucléaire majeur : calcul et perception des probabilités », Document de travail, Institut Pluridisciplinaire de l'innovation, 13-ME-02, 27 février 2013.

³⁴ Voir François Lévêque, La sûreté nucléaire : analyse économique des régulations américaines, française et japonaise », Document de travail, Institut Pluridisciplinaire de l'innovation, 13-ME-05, mai 2013.

sans grande considération économique. Le choix d'objectif et de calendrier des fermetures de centrales nucléaires est dicté par le déplacement supputé des préférences des électeurs et par les équilibres entre et au sein des partis politiques, non par les conséquences attendues sur le plan des bénéfices et des pertes économiques pour la société.